(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

УДК: 669.295:621.9:621.35 10.70769/3030-3214.SRT.3.1.2025.31

ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ, ПЕРЕРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ РЕНИЯ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Хасанов Абдирашид Салиевич

Заместитель главного инженера по науке АО "Алмалыкский ГМК," доктор технических наук, профессор, Алмалык, Узбекистан

Хакимов Камол Жураевич

Заведующий кафедрой «Нефтегазовое и горное дело», доктор философии по техническим наукам, доцент, Термезский государственный университет инжинирии и агротехнологий, Термез, Узбекистан

Ахмедов Урал Чориевич

Доктор философии по химии, доцент, Термезский государственный университет инженерии и агротехнологий, Термез, Узбекистан

Аннотация. *В данной статье рассматриваются физико-химические свойства рения, его методы получения и сферы применения. Обсуждаются способы переработки первичного и вторичного сырья, включая гидрометаллургические и пирометаллургические методы извлечения рения. Особое внимание уделено процессам рециклинга и технологическим аспектам получения металлического рения. Приводятся данные о промышленном производстве, спросе и значении рения в авиационно-космической промышленности и нефтехимии.*

Ключевые слова: *Рений, редкие металлы, переработка рения, рециклинг, суперсплавы, гидрометаллургия, пирометаллургия, авиационная промышленность, катализаторы.*

YUQORI SANOAT TARMOQLARIDA RENIYNI OLISH, QAYTA ISHLASH VA QO‘LLASH TEXNOLOGIYALARI

Hasanov Abdirashid Saliyevich

“Olmaliq kon-metallurgiya kombinati” AJ bosh muhandisining ilm-fan bo‘yicha o‘rinbosari, texnika fanlari doktori, professor, Olmaliq, O‘zbekiston

Xakimov Kamal Jurayevich

"Neft-gaz va konchilik ishi" kafedrasi mudiri, texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O‘zbekiston

Axmedov O‘ral Choriyevich

Kimyo fanlari bo‘yicha falsafa doktori, dotsent, Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, Termiz, O‘zbekiston

Annotatsiya. *Ushbu maqolada reniyning fizik-kimyoviy xossalari, olinish usullari va qo‘llanilish sohalari ko‘rib chiqiladi. Birlamchi va ikkilamchi xom ashyolarni qayta ishlash usullari, jumladan, reniyni ajratib olishning gidrometallurgik va pirometallurgik usullari muhokama qilinadi. Reniy metalini olishning texnologik jihatlari va retsikling jarayonlariga alohida e’tibor qaratilgan. Reniyning sanoat ishlab chiqarishi, talabi va aviatsiya-kosmik sanoati va neft kimyosidagi ahamiyati haqida ma’lumotlar keltirilgan.*

Kalit so‘zlar*: Reniy, nodir metallar, reniyni qayta ishlash, retsikling, superqotishmalar, gidrometallurgiya, pirometallurgiya, aviatsiya sanoati, katalizatorlar.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

TECHNOLOGIES FOR OBTAINING, PROCESSING, AND APPLYING RHENIUM IN HIGH-TECH INDUSTRIAL SECTORS

Khasanov Abdirashid Saliyevich
Deputy Chief Engineer for Science of JSC "Almalyk MMC," Doctor of Technical Sciences, Professor, Almalyk, Uzbekistan

Khakimov Kamol Juraevich
Head of the Department of Oil and Gas and Mining, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Docent, Termez State University of Engineering and Agrotechnologies, Termez, Uzbekistan

Akhmedov Ural Chorievich
PhD in Chemistry, Docent, Termez State University of Engineering and Agrotechnologies, Termez, Uzbekistan

Abstract. *This article discusses the physicochemical properties of rhenium, its production methods, and applications. Methods for processing primary and secondary raw materials, including hydrometallurgical and pyrometallurgical methods for extracting rhenium, are discussed. Particular attention is paid to the processes of recycling and technological aspects of obtaining metallic rhenium. Data on industrial production, demand, and the importance of rhenium in the aviation and space industry and petrochemicals are presented.*
Keywords: *Rhenium, rare metals, rhenium processing, recycling, superalloys, hydrometallurgy, pyrometallurgy, aviation industry, catalysts.*

Введение. Рений по промышленной классификации относится, наряду с галлием, индием, таллием, германием, селеном и теллуром, к рассеянным редким металлам. Основаниями для включения рения в эту подгруппу редких металлов являются, во-первых, достаточно низкое содержание его в природе (7·10-8 %) и, вовторых, отсутствие собственных минералов (извлекают рений, в основном, из молибденовых и медно-молибденовых руд как побочный продукт). В то же время, рений по физическим и химическим свойствам резко отличается от своих соседей по подгруппе: его плотность составляет 21,0 г/см^3 (четвертое место после осмия, иридия и платины), температура плавления – 3180 ± 20 °C (второе место после вольфрама). Рений с тугоплавкими редкими металлами (вольфрамом, молибденом, танталом и ниобием) образует твердые растворы с его предельным содержанием до 50 мас. %, что является основанием для создания сплавов рения с этими металлами (а также с никелем, кобальтом и хромом).

Рений производят в очень небольших количествах: в 2020 г. мировой объем его производства составил порядка 70 т. Стоимость рения (в виде перрената аммония) в последние годы удерживается на уровне 1000 дол./кг.

Литературный анализ и методология. Впервые рений нашел применение в нефтехимии как частичный заменитель платины в составе катализаторов. В последние десятилетия произошли значительные изменения в структуре потребления рения. В настоящее время до 80 % суммарного спроса на данный металл приходится на авиакосмическую отрасль, где его используют как компонент высокожаропрочных сплавов на основе никеля (так называемых суперсплавов), применяемых для литья монокристаллических турбинных лопаток, работающих в критических секциях авиационных и ракетных двигателей. Наибольшая часть остальных 20 % его потребления связана с производством катализаторов дегидрогенизации и крекинга нефти [1-5].

Высокий спрос на рений и его дороговизна предопределили повышенное внимание к рециклингу рения, то есть получению его из вторичного сырья. В общем балансе производства рения получение его из первичного (минерального) сырья занимает порядка 80 %, остальное приходится на вторичное, причем доля рения, извлекаемого из вторичного сырья, непрерывно возрастает. Согласно статистике, уровень переработки рения в секторе жаропрочных сплавов ежегодно увеличивается на 5%.

К вторичным ресурсам рения относятся

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

отходы производства порошкового металлического рения, его сплавов с молибденом, вольфрамом и никелем, отходы суперсплавов, отработанные алюмоплатинорениевые катализаторы, отходы производства полуфабрикатов и изделий из рения. Практически все образующиеся ренийсодержащие отходы перерабатываются, что обусловлено, в том числе, и установлением высокой цены на них. Для извлечения рения из вторичного сырья применяют различные пиро- и гидрометаллургические методы, основными из которых являются окислительный обжиг, вакуумная плавка, хлорирование и фторирование, а также анодное растворение [4-9]. Выбор той или иной технологической схемы переработки в каждом отдельном случае определяется видом вторичного сырья, типом сплава, а также имеющимся технологическим оборудованием. В любом случае при выборе технологии утилизации рения, в первую очередь, используют те, которые обеспечивают максимальную степень его извлечения. В настоящем сообщении рассмотрены варианты переработки отходов суперсплавов с целью извлечения из них рения в той или иной форме.

Обсуждение. В наибольших количествах существуют окисленные молибденовые руды, которые имеют плохую обогащаемость методами флотации, и, наконец, всевозможные отходы, хвосты, кеки от переработки руд и концентратов, которые занимают значительную долю в металлургии молибдена. Основные способы переработки сульфидных молибденовых концентратов представлены в предыдущих разделах. Первой и важнейшей стадией в процессе переработки молибденового концентрата является обжиг. Молибденовый концентрат, поступающий на переработку, содержит 75-95% сульфида молибдена и рения, а также сульфиды сопутствующих металлов меди, железа, цинка, свинца и нерудные примеси: оксиды кремния, алюминия, карбонаты кальция, магния. В молибденовом концентрате молибдена 45-55%, серы 30-35%. Обжиг необходим для удаления всей серы. Сульфатная и сульфидная сера, присутствующая в обожженном концентрате также недо- пустима, так как легко растворяется и загрязняет растворы, получаемые при дальнейшем гидрометаллургической обработке огарков. При создании окислительной атмосферы в печи необходимо выжечь из концентрата весь свободный углерод, масла и флотореагенты. Из флотореагентов особенно необходимо удаление коллекторов, покрывающих сульфиды и оксиды пленкой, делающей их гидрофобными. Уменьшение смачиваемости концентрата приводит к снижению извлечения молибдена в раствор при гидрометаллургической переработке. В большинстве молибденовых концентратов содержится рений.

При обогащении медно-молибденовых (рис. 2) руд Re следует за Mo, который сам часто является попутчиком Cu. При флотации до 80% Re попадает в концентрат. Так, молибденовые концентраты, получаемые при обогащении медно-порфировых руд, содержат 0,02- 0,17% Re. Окислительный обжиг сульфидных молибденовых концентратов проводят при 550÷650°C. Для обжига молибденовых концентратов традиционно используются следующие аппараты: муфельные или камерные печи с ручным перегребанием огарка; вращающиеся трубчатые печи; многоподовые печи; печи кипящего слоя. Содержащийся в концентрате рений образует Re_2O_7, который уносится с газовым потоком. Улавливание металла осуществляется с помощью специальных мокрых систем (скрубберы, барботеры) в сочетании с сухими аппаратами (циклоны, рукавные фильтры), которые могут улавливать 60–70% Re.

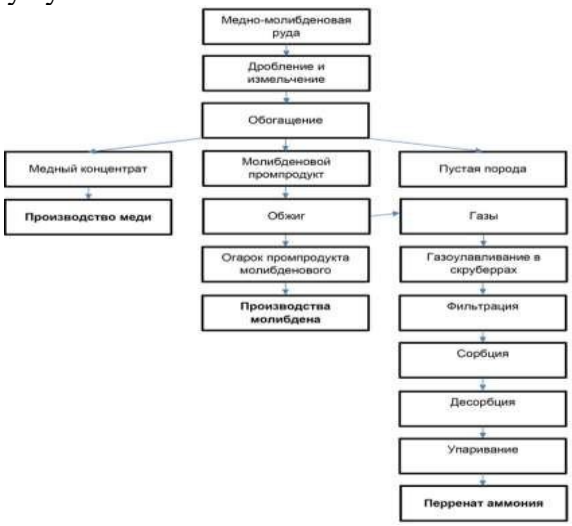
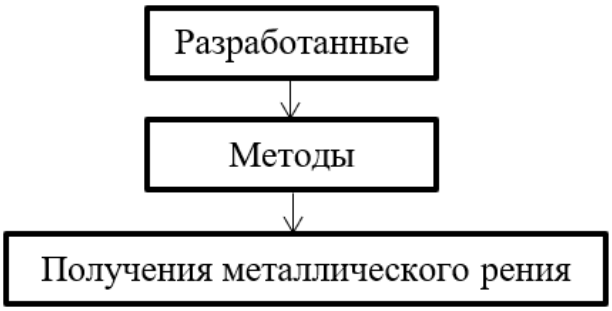


Рис.1. Принципиальная технологическая схема получения перрената аммония в АО «Алмалыкский ГМК».

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

Получения металлического рения осуществляется в следующем порядке:



Эти методы получения рения можно разделить на три группы:

1) восстановление перренатов калия и аммония водо родом;
2) электролитическое выделение (осаждение) рения из растворов - метод электролиза;
3) термическая диссоциация галогенидов рения.

При восстановлении перренатов аммония или калия водородом получается порошок рения. При электролитическом выделении получают порошок или чешуйки (губчатые осадки рения). Способом термической диссоциации получают рениевые покрытия.

Восстановление перрената калия водородом. Перренат калия восстанавливают водородом при температурах выше 600°С по следующей суммарной реакции:

$2KReO_4 + 7H_2 = 2Re + 2KOH + 6H_2O$.

Обычно восстановление проводят в две стадии. Первая стадия низкотемпературная, ниже температуры плавления $KReO_4$, равной 550°С, вторая – высокотемпературная, выше 600°С.

Разработано несколько способов восстановления перрената калия, отличающиеся режимами.

Предложено проводить восстановление перрената калия водородом при температуре красного каления. Для уменьшения воздействия свободной щёлочи на стенки сосуда и увеличения действия водорода, производят предварительное смешение перрената калия с KCl или NaCl, взятыми в количестве, несколько раз превышающим по весу $KReO_4$. Вместо хлорида можно примешивать порошок металлического рения, а для получения рениевого сплава – металл или окись металла, с которыми рений в последствии должен быть сплавлен. Полученный металл содержит десятые доли процента калия, по всей вероятности в виде ренита калия K_2ReO_3, который не удаётся полностью удалить ни промыванием, ни даже повторным восстановлением. Это не имеет большого значения, если рений используется для легирования, так как калий при высоких температурах возгоняется.

По другому способу рений получают медленным нагреванием перрената калия до 1000°С в атмосфере водорода в неглазированной лодочке из твёрдого фарфора. Полученный кристаллический порошок рения также загрязнён калием. Для получения более чистого металла его промывают водой, к которой прибавлено немного уксусной или соляной кислоты, и дополнительно восстанавливают при 1000°С в атмосфере водорода.

Описан также способ восстановления перрената калия, по которому измельчённый до – 0,25 мм (60 меш) $KReO_4$, предварительно высушенный в течение часа при 175°С, восстанавливают водородом в серебряной лодочке два часа при 250°С, а затем при 500°С тоже 2 часа. Восстановленную смесь при 1000°С до получения металла нужной чистоты. Чистый металл содержит 99,0-99,8% рения при выходе 85- 95%.

Известен также способ получения порошка металлического рения, по которому перренат калия загружают в серебряную трубку, которую помещают в печь, наполненную водородом. Температуру в печи регулируют в пределах 235-350°С. По окончании реакции восстановления печь медленно охлаждают. Смесь удаляют из печи и промывают горячей дистиллированной водой для удаления невосстановившегося рения. Полученный высушенный порошок рения имеет серовато-чёрный цвет.

В промышленных условиях, на заводе Леопольдсгале в Германии нашёл применение следующий способ. Тонкоизмельчённый перренат калия перемешивают с двойным по весу количеством хлорида калия и восстанавливают в токе водорода при тёмно-красном калении. Хлористый калий добавляют для того, чтобы он впитал в себя легко плавкий перренат калия, в результате чего создалась бы большая поверх-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

ность для воздействия водорода. Продукт восстановления промывают водой, горячей разбавленной соляной кислотой, затем снова водой и сушат. Получают чистый продукт, содержащий в качестве примесей лишь несколько десятых процента калия, 0,1-0,2% кислорода, 0,001% железа, тысячные доли процента кальция и магния. Особенно вредна примесь калия, которую не удаётся удалить ни дополнительным восстановлением, ни самым тщательным промыванием. Можно предположить, что во время восстановления часть калия внедряется в кристаллическую решётку рения. Примесь калия делает порошок непригодным для получения пластического рения. Штабики из такого порошка плохо спекаются; их плотность не удаётся довести выше 60% от теоретического.

Ниже приведены уточнённые режимы получения рения из перрената калия. Оптимальной температурой восстановления следует считать 480-500°С, так как ниже 480°С процесс восстановления протекает замедленно, а температура начала плавления перрената калия находится в пределах 518-552°С. Продолжительность восстановления два часа. Скорость пропускания водорода при восстановлении, например, 20 г перрената калия составляет: за первые 0,5 ч – 100-110 мл/мин, за вторые 0,5 ч – 70-80 мл/мин, в дальнейшем – 30-40 мл/мин. При нагревании и охлаждении печи достаточна скорость пропускания водорода, равная 15-20 мл/мин. Наилучшим материалом для лодочки является никель марки I.

Полученный металлический рений промывают горячей водой и затем 5%-ным раствором HCl. Выход металла от перрената калия составляет 97-98%.

Промывные воды, содержащие рений, утилизируются. Полученный металлический рений содержит в качестве примесей, % никеля – 0,001; железа – 0,005; меди – 0,005; калия – 0,018; кальция – 0,010; натрия – 0.005; молибдена – 0,001; алюминия – 0,005.

Расход основных материалов на получение 1 кг Re составляет водорода – 1100 л, воды – 40 л, соляной кислоты (33%) – 0,4 л, перекиси водорода (30%) – 0,08 л, KOH – 0,8 кг.

Восстановление перрената аммония водородом. При восстановлении перрената аммония водородом получается более чистый металл (не загрязнённый калием), так как образующийся аммиак улетучивается. Процесс восстановления протекает по реакции:

$2NH_4ReO_4 + 7H_2 = 2Re + 2NH_3 + 8H_2O$.

Полученный перренат аммония восстанавливают в токе водорода при температуре 1000-1100°С. Полученный рений - достаточно чистый продукт, представляет собой тонко измельчённый серый порошок, похожий на пепел.

Если исходным продуктом является перренат калия, то процесс получения металлического рения ведут через операцию конверсии перрената калия в перренат аммония. Для этого перренат калия восстанавливают водородом в две стадии: при 500-600°С в серебряной лодочке на первой стадии и при 1000-1050°С в фарфоровой лодочке – на второй стадии. Полученный загрязнённый металл нагревают в токе кислорода при 500°С для образования семиокиси рения. Re_2O_7 растворяют в аммиаке и перекиси водорода. Получают чистый NH_4ReO_4, который восстанавливают описанным способом. Схема получения металлического рения с применением данного метода приведена на рис. 2. По этой схеме перренат калия восстанавливают в две стадии, затем промывают порошок рения с целью максимального удаления калия в виде гидроокиси. Полученный металл окисляют до Re_2O_7 и выщелачивают водой. Раствор нейтрализуют гидроокисью аммония для получения перрената аммонии, который выделяют из раствора методом кристаллизации. Перренат аммония измельчают до крупности – 0,044 мм в шаровых мельницах, футерованных резиной, и восстанавливают в атмосфере водорода. Крупность полученного металлического порошка рения находится в пределах 1 – 25 мкм.

Описан также способ восстановления перрената калия, по которому измельчённый до – 0,25 мм (60 меш) $KReO_4$, растворяют в 10-%-ным растворе HCl и из полученного раствора при помощи сероводорода осаждают семисернистый рений. Полученный Re_2S_7 растворяют при нагревании до 40°С в 10%-ном растворе NH_4OH и 30%- ном растворе H_2O_2. раствор упаривают досуха и остаток обрабаты-

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

вают HNO_3 для удаления SO_2. Затем остаток растворяют в аммиаке и вновь упаривают досуха. Полученную смесь NH_4ReO_4 и NH_4NO_3, высушенную при 110°С, медленно нагревают в токе водорода до 1100°С в кварцевой лодочке в течение двух часов, а затем также медленно охлаждают. Выход металлического рения по этому способу составляет 80-90%. Металл получается очень чистым.

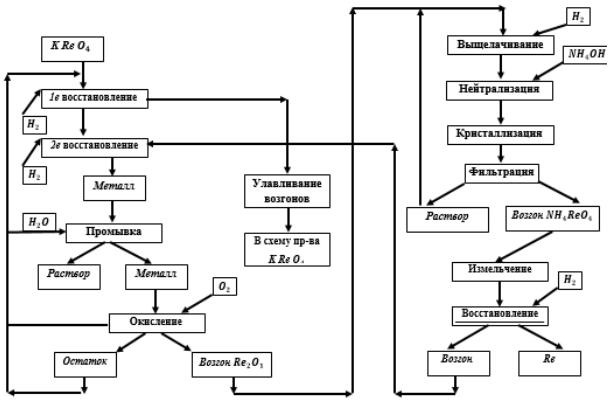


Рис.2. Схема получения металлического рения.

Перренат аммония из перрената калия может быть получен и другими способами, подробно изложенными в разделе 5.7.2.

Восстановление перрената калия и аммония водородом под давлением (в растворах и твёрдом состоянии). Установлено, что перренаты калия и аммония как в растворах. так и в твёрдом виде восстанавливаются водородом при сравнительно низких температурах (200 300°С) под давлением 20-100 атм. При восстановлении безводных перренатов калия или аммония водородом под давлением в 50 атм металлический рений получается всего за 1-2 ч.

При восстановлении водородом под давлением растворов перренатов калия или аммония в присутствии соляной кислоты можно получить ряд промежуточных соединений рения низшей валентности, например $(NH_4)_2ReCl_6$ и $(NH_4)_2ReCl_4$, которые могут быть использованы для получения металлическогорения высокой степени чистоты, не содержащего кислород. Восстановление протекает по следующим реакциям:

$2NH_4ReO_4 + 3H_2 + 12\ HCl = (NH_4)_2ReCl_6 + H_2ReCl_6 + 8H_2O$ (при 270°С);

$H_2ReCl_6 + 2NH_4Cl = (NH_4)_2ReCl_6 + 2HCl$; $(NH_4)_2ReCl_6 + H_2 = (NH_4)_2ReCl_4 + 2HCl$ (при 300 – 325°С в растворе HCl);

$(NH_4)_2ReCl_6 + 2H_2 = Re + 2NH_3 + 6HCl$ (при 400 – 500°С в твёрдом состоянии).

К «хлорным» способам относится также способ, заключающийся в хлорировании технического рения при температуре 600-700°С. Полученный пентахлорид рения, $ReCl_5$ очищают вакуумной дистилляцией. Хлорид разлагают водой. При этом 65-70% рения осаждается в виде гидратированной двуокиси. Полное разложение хлорида достигается при pH=2,5-3,0. Отфильтрованный и промытый осадок сушат в вакууме и восстанавливают водородом в две стадии: сначала при 400-600°С, а затем при 800°С. Раствор окисляют перекисью водорода, нейтрализуют аммиаком и выделяют из него перренат аммония, который возвращают на восстановление. Метод обеспечивает хорошую очистку от примесей щелочных и щелочноземельных металлов. В тоже время железо, кремний и ряд других примесей не отделяются.

Заключения. Рений является редким и ценным металлом, обладающим уникальными физико-химическими свойствами, что делает его незаменимым в авиационно-космической и нефтехимической промышленности. Несмотря на ограниченные природные запасы, переработка вторичного сырья и усовершенствованные методы получения рения позволяют удовлетворять растущий спрос на этот металл. Применение современных технологий переработки и утилизации ренийсодержащих отходов играет ключевую роль в снижении затрат и повышении эффективности использования данного редкого элемента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Санакулов К., Петухов О.Ф. и др. Способ извлечения рения // Патент Республики Узбекистан IAP 04651, приоритет от 20.11.2009.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 1
2025

2. Кокушева А.А., Дайрабаева Г.А., Усабекова А.Ш., Перфельев Н.А.. Извлечение рения из сернокислотных шламов Джезказганского медеплавильного завода // Цветные металлы. – 1992. - № 5. – С.14 – 15.
3. Палант А.А., Трошкина И.Д., Чекмарёв А.М. Металлургия рения. – М.: Наука, 2007. 298 с.
4. Савицкий Е.М., Тылкина М.А., Поварова К.Б. Сплавы рения. – М.: Наука, 1965.
5. Санакулов К.С., Мухиддинов Б.Ф., Хасанов А.С. Химические Элементы свойства, получение, применение. Тошкент «Турон замин зиё» 2016 г. 493 с.
6. Хасанов, А. С., Хакимов, К. Ж., Шодиев, А. Н., & Эшонкулов, У. Х. (2018). Уран и Золото. *Мухофаза+ Ижтимиойсийосий, илмий-амалий ва бадиий журнал*, (01 (157)), 13.
7. Хасанов, А. С., Эшонкулов, У. Х., & Каюмов, О. А. (2023). ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА ИЗ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЫХ СЫРЬЁ И РУДЫ. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, *3*(4), 291-298.
8. Хасанов, А. С., & Эшонкулов, У. Х. (2023). ПОДГОТОВКА ИСХОДНОГО ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ К ПЕРЕРАБОТКЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ. *ARXITEKTURA, MUHANDISLIK VA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALAR JURNALI*, *2*(4), 34-46.
9. Эшонкулов, У. Х., Хасанов, А. С., & Хужакулов, А. М. (2022). НОВЫЕ СПОСОБЫ ОБОГАЩЕНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ И ПРОЦЕССЫ ПОДГОТОВКИ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ РУД. *Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья* (pp. 119-125).
10. Abdurashid Khasanov, & Uchkun Eshonkulov. (2023). STUDY OF METHODS OF IRON SEPARATION FROM IRON-CONTAINING RAW MATERIALS. *Best Journal of Innovation in Science, Research and Development*, *2*(11), 119–123. Retrieved from https://www.bjisrd.com/index.php/bjisrd/article/view/818
11. Хасанов, А. С., & Эшонкулов, У. Х. (2023). ПОДГОТОВКА К ОБОГАЩЕНИЮ ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЖЕЛЕЗА. *Western European Journal of Modern Experiments and Scientific Methods*, *1*(4), 143-151.
12. Khasanov, A. S., Eshonqulov, U. X., & Khojiev Sh, T. (2022). Technology for the Reduction of Iron Oxides in Fluidized Bed Furnaces. *Technology*, *6*(12), 23-29.
13. Эшонкулов, У. Х. У. (2022). ХАРАКТЕРИСТИКА И ТИПЫ ЖЕЛЕЗНЫХ СЫРЁ. *BARQARORLIK VA YETAKCHI TADQIQOTLAR ONLAYN ILMIY JURNALI*, *2*(11), 303-308.
14. Хакимов, К. Ж., Эшонкулов, У. Х., & Умирзоқов, А. (2020). Complex Processing Of Lead-Containing Technogenic Waste From Mining And Metallurgical Industries In The Urals. *THE AMERICAN JOURNAL OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY (TAJET) SJIF-5.32 DOI-10.37547/tajet*, *2*(9), 2689-0984.